

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10285898 A**

(43) Date of publication of application: **23 . 10 . 98**

(51) Int. Cl

**H02K 33/16**

(21) Application number: **09110217**

(71) Applicant: **NABCO LTD**

(22) Date of filing: **10 . 04 . 97**

(72) Inventor: **YAMAHARA MINORU**

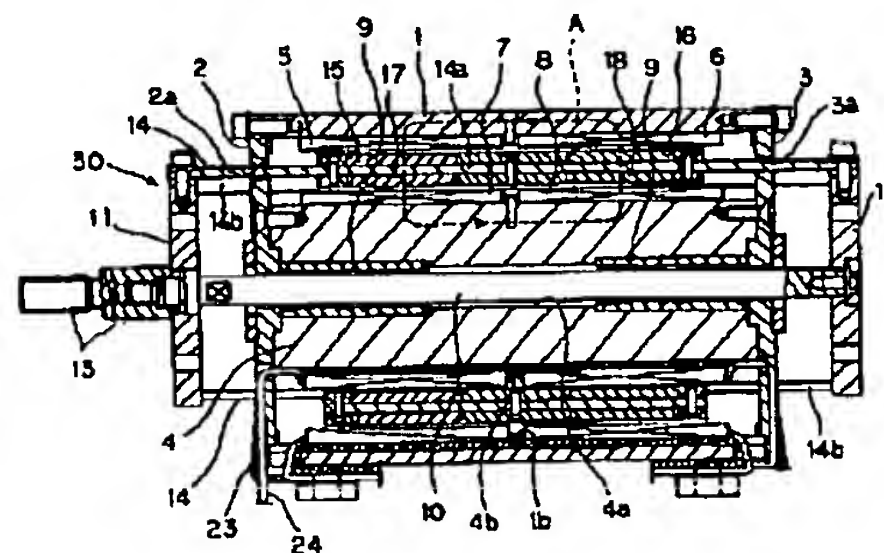
(54) **LINEAR ACTUATOR**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a linear actuator in which a coil is not damaged even when it is subjected to a vibration and an impact and in which an energy loss is small.

SOLUTION: An inside yoke 4 which comprises an inside coil 7 and an inside coil 8 is arranged coaxially at the inside of a cylindrical outside yoke 1 which comprises an outside coil 5 and an outside coil 6. Both end parts in the axial direction of the inside yoke 4 are supported so as to be held from both end parts in the axial direction of the outside yoke 1. An intermediate yoke 14 which comprises respective magnets 15 to 18 arranged and installed between the outside yoke 1 and the inside yoke 4 is supported by the inside yoke 4 so as to be advanced and retreated freely in the axial direction.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-285898

(43)公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 2 K 33/16

識別記号

F I

H 0 2 K 33/16

A

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-110217

(22)出願日 平成9年(1997)4月10日

(71)出願人 000004019

株式会社ナブコ

兵庫県神戸市中央区臨浜海岸通1番46号

(72)発明者 山原 稔

兵庫県神戸市西区高塚台7丁目3番3号

株式会社ナブコ総合技術センター内

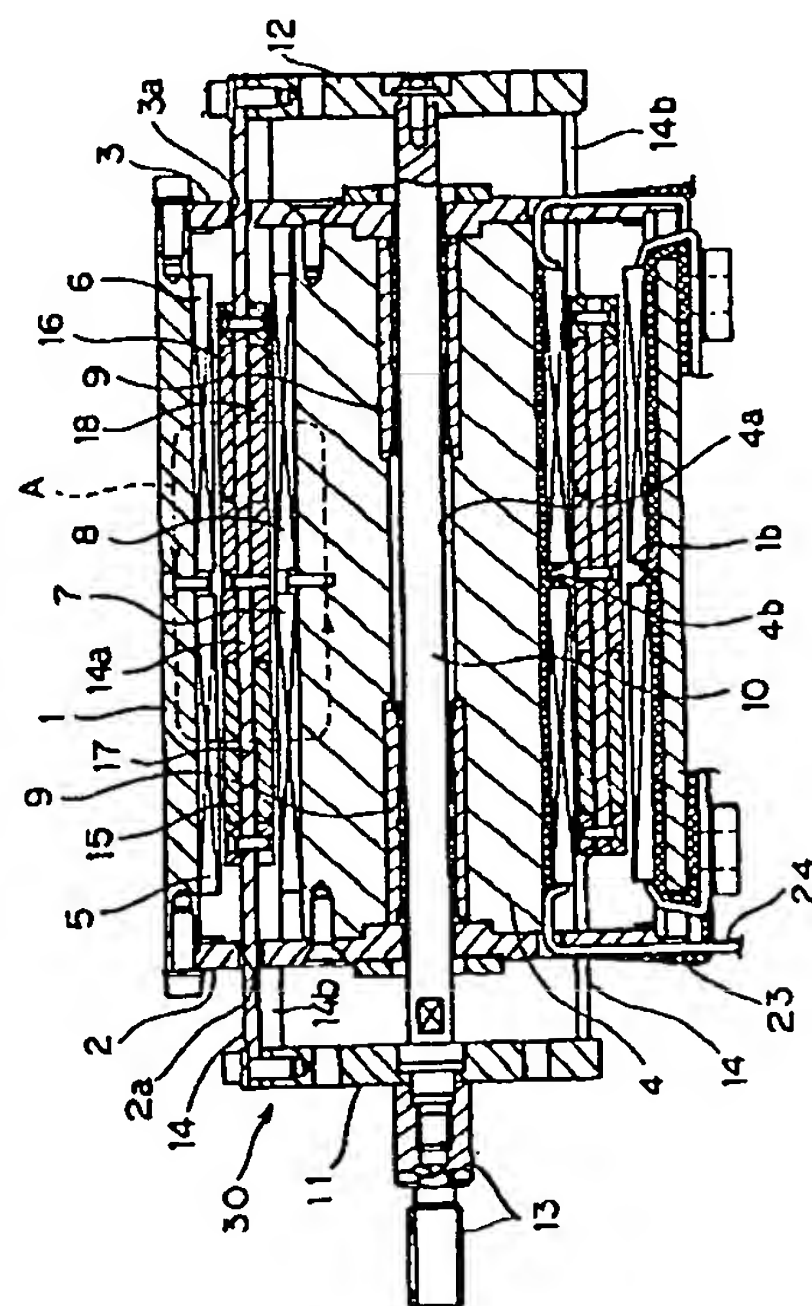
(74)代理人 弁理士 渡邊 隆文

(54)【発明の名称】 リニアアクチュエータ

(57)【要約】

【課題】 振動や衝撃を受けてもコイルを損傷することなく、かつ、エネルギー損失の少ないリニアアクチュエータを提供する。

【解決手段】 外側コイル5、6を有する円筒状の外側ヨーク1の内側に、内側コイル7、8を有する内側ヨーク4を同心配置し、内側ヨーク4の軸方向両端部を外側ヨーク1の軸方向両端部から両持ち支持させるとともに、外側ヨーク1及び内側ヨーク4の間に配設され磁石15～18を有する中間ヨーク14を、軸方向に進退自在に内側ヨーク4から支持する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】円筒状の外側ヨークと、  
前記外側ヨークの内周面に設けられた外側コイルと、  
軸方向両端部において前記外側ヨークと互いに接続され  
て前記外側ヨークの内側に同心配置された内側ヨーク  
と、  
前記内側ヨークの外周面に設けられた内側コイルと、  
前記外側ヨークと前記内側ヨークとの間にこれらと同軸  
に配置された円筒状の中間ヨーク、この中間ヨークと接  
続された出力軸、及び、前記中間ヨークの外周面及び内  
周面にそれぞれ前記外側コイル及び前記内側コイルと対  
向して設けられた磁石を具備したものであって、前記外  
側ヨーク及び前記内側ヨークの少なくとも一方により軸  
方向に進退自在に支持された可動体とを備えたことを特  
徴とするリニアアクチュエータ。

【請求項2】前記外側ヨークの軸方向両端面に一对のサ  
イドプレートが設けられ、この一对のサイドプレートに  
前記内側ヨークが固定され、前記可動体は当該一对のサ  
イドプレートを貫通していることを特徴とする請求項1  
記載のリニアアクチュエータ。

【請求項3】前記磁石は、前記中間ヨークの外周面にお  
いて前記軸方向に互いに離間して配置された第1磁石及  
び第2磁石、並びに、前記中間ヨークの内周面において  
前記第1磁石及び前記第2磁石に対応する位置にそれぞ  
れ配置された第3磁石及び第4磁石を有してなるもので  
あり、前記第1磁石と前記第2磁石、前記第3磁石と前  
記第4磁石、前記第1磁石と前記第3磁石、及び、前記  
第2磁石と前記第4磁石が、それぞれ互いに異極を相対  
されてなる極性配置であることを特徴とする請求項1記  
載のリニアアクチュエータ。

【請求項4】前記中間ヨークは軸方向両端部の各々にお  
いて少なくとも3個の突出端部が形成されていることを  
特徴とする請求項1記載のリニアアクチュエータ。

【請求項5】前記中間ヨークは軸方向両端部の各々にお  
いて少なくとも3個の突出端部が形成され、これらの突  
出端部は前記サイドプレートを貫通していることを特徴  
とする請求項2記載のリニアアクチュエータ。

【請求項6】前記中間ヨークは軸方向においてその全長  
にわたって磁性体で構成されていることを特徴とする請  
求項3記載のリニアアクチュエータ。

【請求項7】前記可動体に、周方向への回転防止手段を  
設けたことを特徴とする請求項4又は5記載のリニアア  
クチュエータ。

【請求項8】前記第1磁石～第4磁石の各々に隣接して  
前記中間ヨークの内周面及び外周面に磁石押え部材を設  
けたことを特徴とする請求項6記載のリニアアクチュエ  
ータ。

【請求項9】前記可動体に、その軸方向と平行にポテン  
シオメータを接続したことを特徴とする請求項1記載の  
リニアアクチュエータ。

【請求項10】前記可動体はその軸心部に駆動軸を有  
し、この駆動軸と前記内側ヨークとの対向区間内にスラ  
イド軸受が設けられていることを特徴とする請求項1記  
載のリニアアクチュエータ。

【請求項11】前記可動体はその軸心部に駆動軸を有  
し、この駆動軸と前記内側ヨークとの対向区間内にスラ  
イド軸受が設けられ、このスライド軸受の一端に前記サ  
イドプレートが隣接していることを特徴とする請求項2  
記載のリニアアクチュエータ。

10 【請求項12】前記外側コイル及び前記内側コイルは、  
それぞれボビンレスの平角コイルであることを特徴とす  
る請求項1記載のリニアアクチュエータ。

【請求項13】前記内側コイル及び前記外側コイルは単  
相巻であり、各リード線は内側ヨーク及び外側ヨークに  
形成された溝を経由して導出されていることを特徴とす  
る請求項12記載のリニアアクチュエータ。

20 【請求項14】前記可動体は、前記中間ヨークと前記出  
力軸とを接続するフランジを含み、このフランジは、非  
磁性材料より成ることを特徴とする請求項1記載のリニ  
アアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁作用により直  
線的変位を生じさせるリニアアクチュエータに関する。

【0002】

30 【従来の技術】図10は、例えば実開平6-77483  
号公報に記載された従来のリニアアクチュエータを示す  
断面図である。図において、外側ヨーク111は、その  
内周面に一对のコイル121及び122を備えており、  
この外側ヨーク111より内側に配置された内側ヨーク  
118は、その外周面に一对のコイル123及び124  
を備えている。中間ヨーク119は外側ヨーク111と  
内側ヨーク118との間において、軸方向（b方向）に  
進退可能に設けられ、その内外周面には上記各コイル1  
21～124にエアギャップを有して対向する4つの磁  
石125～128が固着されている。これらの磁石12  
5～128は、軸方向と直交する方向（径方向）に中間  
ヨーク119を挟んで同極性の磁極が対向し、かつ、軸  
方向に異極性の磁極が対向するように着磁されている。  
40 このように各磁石を着磁すると、外側ヨーク111と中  
間ヨーク119との間、及び、内側ヨーク118と中間  
ヨーク119との間で、磁束が中間ヨーク119の軸方  
向に通過する2つの閉磁路a（磁束ループ）が形成され  
る。

【0003】上記各要素は支持体112を共通の支持基  
盤として取り付けられており、この支持体112は、円  
盤部112aと中空円筒部112bとを有する部材であ  
る。上記外側ヨーク111は円盤部112aの外周部と  
固定されている。上記内側ヨーク118は、中空円筒部  
112bに固定されている。また、上記中間ヨーク11

9は出力軸117と接続され、この出力軸117が、一対のスライド軸受116を介して中空円筒部112bにより軸方向に進退自在に保持されている。なお、スライド軸受116の軸方向の間隔は、磁石125（又は127）と磁石126（又は128）との間の軸方向間隔とほぼ等しい。

【0004】上記のように構成された従来のリニアアクチュエータにおいて、外側ヨーク111及び内側ヨーク118の各コイル121～124に、所定の磁極を発生させるように電流が供給されると、磁石125～128が形成している2つの閉磁路aとの関係において、フレミングの法則に基づく推力がコイル121～124に生じ、その反作用により中間ヨーク119は出力軸117とともに軸方向の一方向に移動する。また、逆極性の磁極を発生させるように電流が供給されると、出力軸117は軸方向の他の方向に移動する。このようにして、出力軸117において直線の変位出力が提供される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来のリニアアクチュエータにおいて、中間ヨーク119は、出力軸117が中空円筒部112bによって保持されることにより保持されている。ところが、この中空円筒部112bは円盤部112aとともに支持体112を構成する部材であるため、結果的には、中間ヨーク119は支持体112の円盤部112aによって保持されていることになる。すなわち、中間ヨーク119は、軸方向の一方側に存在する円盤部112aのみによって支持されている、いわゆる片持ち支持の状態にある。このような片持ち支持の構造においては、出力軸117に対して外部から振動や衝撃が加わると、支持体112の円盤部112aに撓みが生じることがある。円盤部112aに撓みが生じると、コイル121～124と磁石125～128との間の各エアギャップが変化する。特に、外側ヨーク111に設けられているコイル121及び122とそれぞれ対向する磁石125及び126とのエアギャップは変化が大きく、磁石125（又は126）がコイル121（又は122）に接触してコイル121（又は122）が損傷を受ける恐れがある。そこで、出力軸117に対して一定以上の振動や衝撃が加わることが予想される環境で使用する場合には、エアギャップを予め大きめに設計していた。ところが、エアギャップを大きくすると、磁気エネルギーの損失が増大してエネルギー変換効率が低下するので、中間ヨーク119及び出力軸117に与えられる出力が減少することは避けられなかった。

【0006】上記のような従来の問題点に鑑み、本発明は、振動や衝撃を受けてもコイルを損傷することなく、かつ、エネルギー損失の少ないリニアアクチュエータを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明のリニアアクチュ

エータは、円筒状の外側ヨークと、前記外側ヨークの内周面に設けられた外側コイルと、軸方向両端部において前記外側ヨークと互いに接続されて前記外側ヨークの内側に同心配置された内側ヨークと、前記内側ヨークの外周面に設けられた内側コイルと、前記外側ヨークと前記内側ヨークとの間にこれらと同軸に配置された円筒状の中間ヨーク、この中間ヨークと接続された出力軸、及び、前記中間ヨークの外周面及び内周面にそれぞれ前記外側コイル及び前記内側コイルと対向して設けられた磁石を具備したものであって、前記外側ヨーク及び前記内側ヨークの少なくとも一方により軸方向に進退自在に支持された可動体とを備えたものである（請求項1）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、内側ヨークと外側ヨークとの両端同士が接続され、内側ヨークは外側ヨークにいわゆる両持ちされた支持状態になる。このような支持状態においては、可動体の出力軸に振動や衝撃を受けても可動体を支える内側ヨーク又は外側ヨークは変形せず、その結果コイルと磁石とのエアギャップは一定に保たれる。従って、エアギャップを大きめに設定する必要はなく、実質的に最小限のエアギャップ値にすることができるので、エネルギー損失が減少し、出力が増大する。

【0008】また、上記リニアアクチュエータにおいて、外側ヨークの軸方向両端面に一対のサイドプレートが設けられ、この一対のサイドプレートに内側ヨークが固定され、可動体は当該一対のサイドプレートを貫通しているものであってもよい（請求項2）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、サイドプレートによって内側ヨークは外側ヨークに両持ち支持され、サイドプレートを貫通した可動体から出力を取り出すことができる。

【0009】また、上記リニアアクチュエータ（請求項1）において、磁石は、中間ヨークの外周面において軸方向に互いに離間して配置された第1磁石及び第2磁石、並びに、中間ヨークの内周面において第1磁石及び第2磁石に対応する位置にそれぞれ配置された第3磁石及び第4磁石を有してなるものであり、第1磁石と第2磁石、第3磁石と第4磁石、第1磁石と第3磁石、及び、第2磁石と第4磁石が、それぞれ互いに異極を相対されてなる極性配置であるように構成してもよい（請求項3）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、第1磁石及び第3磁石がその間に存在する中間ヨークとともに一つの磁石体を構成し、第2磁石及び第4磁石がその間に存在する中間ヨークとともに他の磁石体を構成する。そして、これら一対の磁石体によって形成される共通の閉磁路（磁束ループ）は中間ヨークを垂直に貫く。従って、中間ヨークの厚みに起因して磁束が制限されることはない。言い換えれば、中間ヨークは、機械的強度を維持できさえすれば、できるだけ薄くすることが可能になる。中間ヨークを薄くすることによ



り可動体は軽量化され、動作の応答性が向上する。

【0010】また、上記リニアアクチュエータ（請求項1）において、中間ヨークは軸方向両端部の各々において少なくとも3個の突出端部が形成されるように構成してもよい（請求項4）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、必要最小限の数の突出端部により可動体の軽量化を図りつつ、所定の強度を確保して、出力軸に駆動力を伝達することができる。

【0011】また、上記リニアアクチュエータ（請求項2）において、中間ヨークは軸方向両端部の各々において少なくとも3個の突出端部が形成され、これらの突出端部はサイドプレートを貫通しているものであってもよい（請求項5）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、必要最小限の数の突出端部により可動体の軽量化を図りつつ、所定の強度を確保して、出力軸に駆動力を伝達することができる。

【0012】また、上記リニアアクチュエータ（請求項3）において、中間ヨークは軸方向においてその全長にわたって磁性体で構成されているものであってもよい（請求項6）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、中間ヨークを一体成形できるので、その製作が容易である。

【0013】また、上記リニアアクチュエータ（請求項4又は5）において、可動体に、周方向への回転防止手段を設けてもよい（請求項7）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、回転防止手段により可動体の周方向への回転を優先的に防止する。従って、中間ヨークの突出端部が周辺部材に接触して摺動抵抗が増大することを防止できる。

【0014】また、上記リニアアクチュエータ（請求項6）において、第1磁石～第4磁石の各々に隣接して中間ヨークの内周面及び外周面に磁石押え部材を設けてもよい（請求項8）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、接着剤等を用いて取り付けられる磁石が、接着剤の経年劣化により剥離した場合でも、その脱落を防止することができる。

【0015】また、上記リニアアクチュエータ（請求項1）において、可動体に、その軸方向と平行にポテンシオメータを接続してもよい（請求項9）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、可動体の移動量をポテンシオメータにより検出することができるので、可動体のストローク制御が容易になる。

【0016】また、上記リニアアクチュエータ（請求項1）において、可動体はその軸心部に駆動軸を有し、この駆動軸と内側ヨークとの対向区間内にスライド軸受が設けられているものであってもよい（請求項10）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、スライド軸受は内側ヨークの端部からはみだすことがないので、リニアアクチュエータの軸方向寸法を大きくすることなく、駆動軸の摺動抵抗を低減することができ

る。

【0017】また、上記リニアアクチュエータ（請求項2）において、可動体はその軸心部に駆動軸を有し、この駆動軸と内側ヨークとの対向区間内にスライド軸受が設けられ、このスライド軸受の一端にサイドプレートが隣接しているものであってもよい（請求項11）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、サイドプレートがスライド軸受の抜け止めの役割を果たす。

10 【0018】また、上記リニアアクチュエータ（請求項1）において、外側コイル及び内側コイルは、それぞれボビンレスの平角コイルであってもよい（請求項12）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、ボビン等を用いない分だけ、エアギャップを小さくすることが可能となり、出力を向上させることができる。

20 【0019】また、上記リニアアクチュエータ（請求項12）において、内側コイル及び外側コイルは単相巻であり、各リード線は内側ヨーク及び外側ヨークに形成された溝を経由して導出されているものであってもよい（請求項13）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、リード線が溝に隠れるので、エアギャップを小さくできる。

30 【0020】また、上記リニアアクチュエータ（請求項1）において、可動体は、中間ヨークと出力軸とを接続するフランジを含み、このフランジは、非磁性材料より成るものであってもよい（請求項14）。このように構成されたリニアアクチュエータにおいては、例えばアルミニウム等の軽量金属を用いて可動体の軽量化を図ることができる。可動体の軽量化により、動作の応答性が向上する。

【0021】

【発明の実施の形態】図1～9は本発明の一実施形態によるリニアアクチュエータに関する図面であり、図1は正面側から見た断面図、図2は左側面図、図3は右側面図、図4は図2のIV-IV線から見た部分断面図、図5は図2のV-V線から見た部分断面図である。また、図6～9は当該リニアアクチュエータ内の可動体30に関する図面である。図1において、円筒状の磁性体である外側ヨーク1の軸方向両端部には、略円盤状のサイドプレート2及び3が取り付けられている。内側ヨーク4は中心軸部分に貫通孔4aが形成された円柱状の磁性体であり、その軸方向両端においてサイドプレート2及び3に取り付けられることによっていわゆる両持ちの状態に保持され、かつ、外側ヨーク1の内側に同心配置されている。外側ヨーク1の内周面上には、軸方向に対して第1コイル5及び第2コイル6が配置されて外側コイルが形成され、内側ヨーク2の外周面上には、同様に、軸方向に対して第3コイル7及び第4コイル8が配置されて内側コイルが形成されている。

【0022】上記各コイル5～8は、平角コイル（断面が例えば0.5mm×5mm）を、接着ワニスを用いて単層巻に巻回したものであり、ボビン等を用いることなく、外側ヨーク1の内周面及び内側ヨーク4の外周面に直接巻装されている。従ってボビン等を用いない分だけ、エアギャップを小さくすることが可能になる。上記各コイル5～8は、それぞれ両端部からリード線23及び24が引き出されている。リード線23及び24は、外側ヨーク1の内周面及び内側ヨーク4の外周面において軸方向に形成された溝1b及び4bを通して外部に導出されている。従って、リード線23及び24の存在がエアギャップの増大を招くことがない。

【0023】上記内側ヨーク4の貫通孔4aの両端部には、所定長のスライド軸受9が、その全長にわたって内側ヨーク4の内部に完全に収められるように装着されている。貫通孔4aの軸方向中央部の内径はスライド軸受9が装着されている部分より小径に形成されていて、貫通孔4aの内奥側へスライド軸受9が移動するのを防止するストッパの役目をしている。また、スライド軸受9に隣接したサイドプレート2及び3は、スライド軸受9の軸方向外方への抜脱を防止するストッパとしての役目をも果たしている。スライド軸受9に内挿された駆動軸10は、外側ヨーク1及び内側ヨーク4に対して相対的にその軸方向に移動自在である。

【0024】なお、上記のように、スライド軸受9がその全長にわたって内側ヨーク4の内部に完全に収められている構成により、スライド軸受9がリニアアクチュエータ全体の軸方向長さを増大させる要因とはならない。また、一对のスライド軸受9の軸方向間隔は、第1磁石15（又は第3磁石17）と第2磁石16（又は第4磁石18）との軸方向間隔より広い。従って、スライド軸受9固有の寸法公差に起因する可動体30の径方向への変位を極めて少なくすることができる。

【0025】上記駆動軸10の軸方向左端部及び右端部にはそれぞれ、略円盤状のフランジ11（図2参照）及び円盤状のフランジ12（図3参照）が軸方向と直交して取り付けられ、軸方向左端部にはさらに出力軸13が駆動軸10と同軸に取り付けられている。駆動軸10の軸心から所定半径（Rとする。）の周上には、外側ヨーク1及び内側ヨーク4と同軸に、磁性体からなる中間ヨーク14が配置され、フランジ11及び12に取り付けられている。中間ヨーク14の軸方向中央所定領域の外周面上には第1磁石15及び第2磁石16が配設され、また内周面上には第3磁石17及び第4磁石18が配設されている。すなわち、中間ヨーク14及びその内外周面上に設けられた磁石15～18は、フランジ11及び12を介して駆動軸10と同心に配設され、駆動軸10及び出力軸13とともに軸方向に進退動作可能な可動体30を構成している。前記所定半径Rとは、実質的に、第1コイル5（又は第2コイル6）の内径と第3コイル

7（又は第4コイル8）の外径との平均値の1/2である。

【0026】ここで、可動体30の構成について図6～図9を参照して説明する。図6は可動体30の斜視図、図7は断面図、また、図8及び図9はそれぞれ図7のVII部及びIX部の拡大図である。図6及び図7に示すように、中間ヨーク14は円筒形状を基調とした形状であるが、全周にわたって円筒状であるのは軸方向中央部分の中間ヨーク本体部14aのみであり、軸方向両端側においては円筒の一部を軸方向に突出させた突出端部14bが周方向に等間隔（120度間隔）に3個形成されている。これら突出端部14bは、サイドプレート2及び3にそれぞれ設けられた孔2a及び3a（図1～図3参照）に挿通されている。孔2a及び3aに挿通された上記突出端部14bは、その軸方向先端部にフランジ11及び12が取り付けられ、駆動軸10及び出力軸13と連結される。このように、突出端部14bは出力部材の一部として負荷がかかるため、所定の機械的強度が求められる。従って、少なくとも3個の突出端部14bを設けることが好ましい。

【0027】なお、上記のように、中間ヨーク14において中間ヨーク本体部14aと突出端部14bとを別体で構成せずに、単一の部材として構成したことにより、構成の簡素化とともに所定の強度を確保することが容易になる。一方、フランジ11及び12は磁性体である必要はなく、アルミニウム等の非磁性体軽量金属で形成してもよい。フランジ11及び12に軽量金属を用いることは可動体30全体の軽量化につながり、可動体30の動作の応答性が向上する。

【0028】図6～図9に示すように、第1磁石15、第2磁石16、第3磁石17及び第4磁石18は各々周方向に分割された複数の磁石により、全体として円筒状に配設され、軸方向においては、第1磁石15及び第3磁石17、並びに、第2磁石16及び第4磁石18がそれぞれ互いに対応する位置に設けられている。そして、図8に示すように、中間ヨーク本体部14aを挟んで第1磁石15（内周側がN極）と第3磁石17（外周側がS極）とは径方向に互いに異極性の磁極が対向するように配置されている。同様に、図9に示すように、中間ヨーク本体部14aを挟んで第2磁石16（内周側がS極）と第4磁石18（外周側がN極）とは互いに異極性の磁極が対向するように配置されている。さらに、中間ヨーク本体部14aの軸方向に見た場合、第1磁石15対第2磁石16、及び、第3磁石17対第4磁石18は、それぞれ互いに異極性の磁極が隣接するように配置されている。第1磁石15及び第2磁石16はそれぞれ第1コイル5及び第2コイル6との間に所定のエアギャップを保ち、第3磁石17及び第4磁石18はそれぞれ第3コイル7及び第4コイル8との間に所定のエアギャップを保っている。かかるエアギャップは実質的に最小

のエアギャップ値である。

【0029】中間ヨーク14に各磁石15～18を取り付けるには、まず、図7に示す円筒状の外側磁石押え部材19と内側磁石押え部材20とをそれぞれ中間ヨーク本体部14aの外側中央及び内側中央に装着して、ネジ29により固定する。次に、各磁石15～18を、中間ヨーク本体部14aの内外全周に接着剤等を用いて取り付け。その後、短円筒状の外側磁石押え部材21と内側磁石押え部材22とを中間ヨーク本体部14aの両端部に装着し、ネジ23により固定する。図8及び図9に示すように、上記各磁石押え部材19～22にはそれぞれ磁石のエッジ部の溝に適合した形状の突起部19a、20a、21a及び22aが設けられており、これにより各磁石15～18は確実に保持される。従って、接着剤が経年変化により劣化して接着力を失った場合にも、磁石15～18の脱落を防止できる。可動体30の構成については以上である。

【0030】次に図2及び図4において、フランジ11の外周上の1箇所にはブラケット25が取り付けられ、このブラケット25にポテンシオメータ26が接続されている。図4に示すように、ポテンシオメータ26は外側ヨーク1に固定されているが、ロッドエンド27の部分で軸方向のストローク調整が可能である。可動体30の進退動作による変位量は当該ポテンシオメータ26により検出される。

【0031】また、図2及び図5に示すように、サイドプレート2から軸方向に突出した回転防止ピン28が取り付けられ、この回転防止ピン28はフランジ11に設けられた孔11aに挿通されている。孔11aの内径は、可動体30の進退動作に伴ってフランジ11が回転防止ピン28を相対的に円滑に挿通させるに必要な最小限の値に仕上げられており、回転防止ピン28と孔11aとのギャップ（遊び）は、図2におけるサイドプレート2の孔2aと中間ヨーク14の突出端部14bとの周方向両端におけるギャップBより十分に小さい値である。従って、フランジ11が回転防止ピン28によって周方向の動きを規制されることにより同方向における可動体30の遊動が規制され、突出端部14bは孔2aの周方向端面には接触しない。従って、突出端部14bが孔2aの周方向端面に接触して摺動抵抗が増大することを未然に防ぐことができる。また、中間ヨーク14は、内側ヨーク4に軸支された駆動軸10からフランジ11及び12を介して支持されているため、径方向にも遊動を規制されている。従って、突出端部14bが孔2aの径方向端面に接触して摺動抵抗が増大することもない。

【0032】図3において、リード線23及び24はサイドプレート3に取り付けられたレセプタクル31に接続されている。

【0033】以上のように構成されたリニアアクチュエータにおいては、第1磁石15及び第3磁石17がその

間に存在する中間ヨーク本体部14bとともに一つの磁石体を構成し、第2磁石16及び第4磁石18がその間に存在する中間ヨーク本体部14bとともに他の磁石体を構成する。これら一対の磁石体は図1に示す閉磁路

（磁束ループ）Aを形成する。この状態において、第1コイル15及び第3コイル17には図1の紙面から垂直に飛び出す方向に電流を流し、かつ、第2コイル16及び第4コイル18には紙面に垂直に向かう方向に電流を流すと、各コイル5～8には図の右側に向かう力が発生する。この力の反作用により、可動体30は図の左方向に推力を得て前進する。また、逆に、第1コイル15及び第3コイル17には紙面に垂直に向かう方向に電流を流し、かつ、第2コイル16及び第4コイル18には紙面から垂直に飛び出す方向に電流を流すと、各コイル5～8には図の左側に向かう力が発生する。この力の反作用により、可動体30は図の右方向に推力を得て後退する。

【0034】可動体30の進退動作において、可動体30の駆動軸10はスライド軸受9を介して内側ヨーク4の軸方向両端部近傍において支持されており、内側ヨーク4はサイドプレート2及び3を介して外側ヨーク1の両端部から支持（両持ち）されている。従って、可動体30の出力軸13に振動や衝撃が加えられても、各磁石15～18とこれらに対向する各コイル5～8との間のエアギャップは実質的に不変である。これにより、エアギャップを前述のように必要最小限の値にしておくことが可能になる。エアギャップが必要最小限の値であることにより、磁気エネルギーの損失は最小限に抑えられ、出力が増大する。

【0035】また、前記一対の磁石体によって形成される共通の閉磁路Aは中間ヨーク14（中間ヨーク本体部14a）を径方向に垂直に貫く。従って、中間ヨーク14の厚みに起因して磁束が制限されることはない。言い換えれば、中間ヨーク14は、機械的強度を維持できさえすれば、できるだけ薄くすることが可能になる。中間ヨーク14を薄くすることにより可動体30は軽量化され、動作の応答性が向上する。

【0036】なお、上記実施形態においては、可動体30を直接的に支持しているのは内側ヨーク4であるが、必要に応じて可動体30を外側ヨーク1によって直接的に支持した構成も可能である。

【0037】

【発明の効果】以上のように構成された本発明は以下の効果を奏する。請求項1に記載のリニアアクチュエータによれば、内側ヨークと外側ヨークとの両端同士が接続され、内側ヨークは外側ヨークにいわゆる両持ちされた支持状態になるので、可動体の出力軸に振動や衝撃を受けても可動体を支える内側ヨーク又は外側ヨークは変形せず、その結果コイルと磁石とのエアギャップは一定に保たれる。従って、エアギャップを大きめに設定する必



要はなく、実質的に最小限のエアギャップ値にすることができるので、エネルギー損失が減少し、出力が増大する。

【0038】請求項2のリニアアクチュエータによれば、サイドプレートによって内側ヨークは外側ヨークに両持ち支持され、サイドプレートを貫通した可動体から出力を取り出すことができるので、堅牢な構造から安定した出力を取り出すことができる。

【0039】請求項3のリニアアクチュエータによれば、磁石によって形成される共通の閉磁路が中間ヨークを垂直に貫くので、中間ヨークの厚みに起因して磁束が制限されることはなく、従って中間ヨークの厚さは、機械的強度を維持できる範囲で薄くすることができる。中間ヨークを薄くすることにより可動体は軽量化されるので、動作の応答性が向上する。

【0040】請求項4のリニアアクチュエータによれば、必要最小限の数の突出端部により可動体の軽量化を図りつつ、所定の強度を確保して、出力軸に駆動力を伝達することができるので、可動体の安定した動作と優れた応答性とを実現できる。

【0041】請求項5のリニアアクチュエータによれば、必要最小限の数の突出端部により可動体の軽量化を図りつつ、所定の強度を確保して、出力軸に駆動力を伝達することができるので、可動体の安定した動作と優れた応答性とを実現できる。

【0042】請求項6のリニアアクチュエータによれば、中間ヨークを一体成形できるので、その製作が容易である。

【0043】請求項7のリニアアクチュエータによれば、回転防止手段により可動体の周方向への回転を防止するので、中間ヨークの突出端部が周辺部材に接触して摺動抵抗が増大することを防止でき、可動体の安定した動作を確保することができる。

【0044】請求項8のリニアアクチュエータによれば、接着剤等を用いて取り付けられる磁石が、接着剤の経年劣化により剥離した場合でも、その脱落を防止することができるので、信頼性の高い構造が得られる。

【0045】請求項9のリニアアクチュエータによれば、可動体の移動量をポテンシオメータにより検出することができるので、可動体のストローク制御が容易になる。

【0046】請求項10のリニアアクチュエータによれば、スライド軸受は内側ヨークの端部からはみだすことがないので、リニアアクチュエータの軸方向寸法を大きくすることなく、駆動軸の摺動抵抗を低減することができる。

【0047】請求項11のリニアアクチュエータによれば、サイドプレートがスライド軸受の抜け止めの役割を果たすので、抜け止め部材を別途設ける必要がなく、構造の簡素化に寄与する。

【0048】請求項12のリニアアクチュエータによれば、ボビン等を用いない分だけエアギャップを小さくすることができるので、出力の増大に寄与する。

【0049】請求項13のリニアアクチュエータによれば、リード線が溝に隠れるので、エアギャップを小さくすることができ、出力の増大に寄与する。

【0050】請求項14のリニアアクチュエータによれば、例えばアルミニウム等の軽量金属を用いて可動体の軽量化を図ることができるので、可動体の動作の応答性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるリニアアクチュエータを正面側から見た断面図である。

【図2】同リニアアクチュエータの左側面図である。

【図3】同リニアアクチュエータの右側面図である。

【図4】図2のIV-IV線から見た部分断面図である。

【図5】図2のV-V線から見た部分断面図である。

【図6】同リニアアクチュエータにおける可動体の斜視図である。

20 【図7】同可動体の断面図である。

【図8】図7のVIII部の拡大図である。

【図9】図7のIX部の拡大図である。

【図10】従来のリニアアクチュエータの断面図である。

【符号の説明】

1 外側ヨーク

1b 溝

2, 3 サイドプレート

4 内側ヨーク

30 4b 溝

5 第1コイル(外側コイル)

6 第2コイル(外側コイル)

7 第3コイル(内側コイル)

8 第4コイル(内側コイル)

9 スライド軸受

10 駆動軸

11, 12 フランジ

13 出力軸

14 中間ヨーク

40 14a 中間ヨーク本体部

14b 突出端部

15 第1磁石

16 第2磁石

17 第3磁石

18 第4磁石

19, 21 外側磁石押え部材

20, 22 内側磁石押え部材

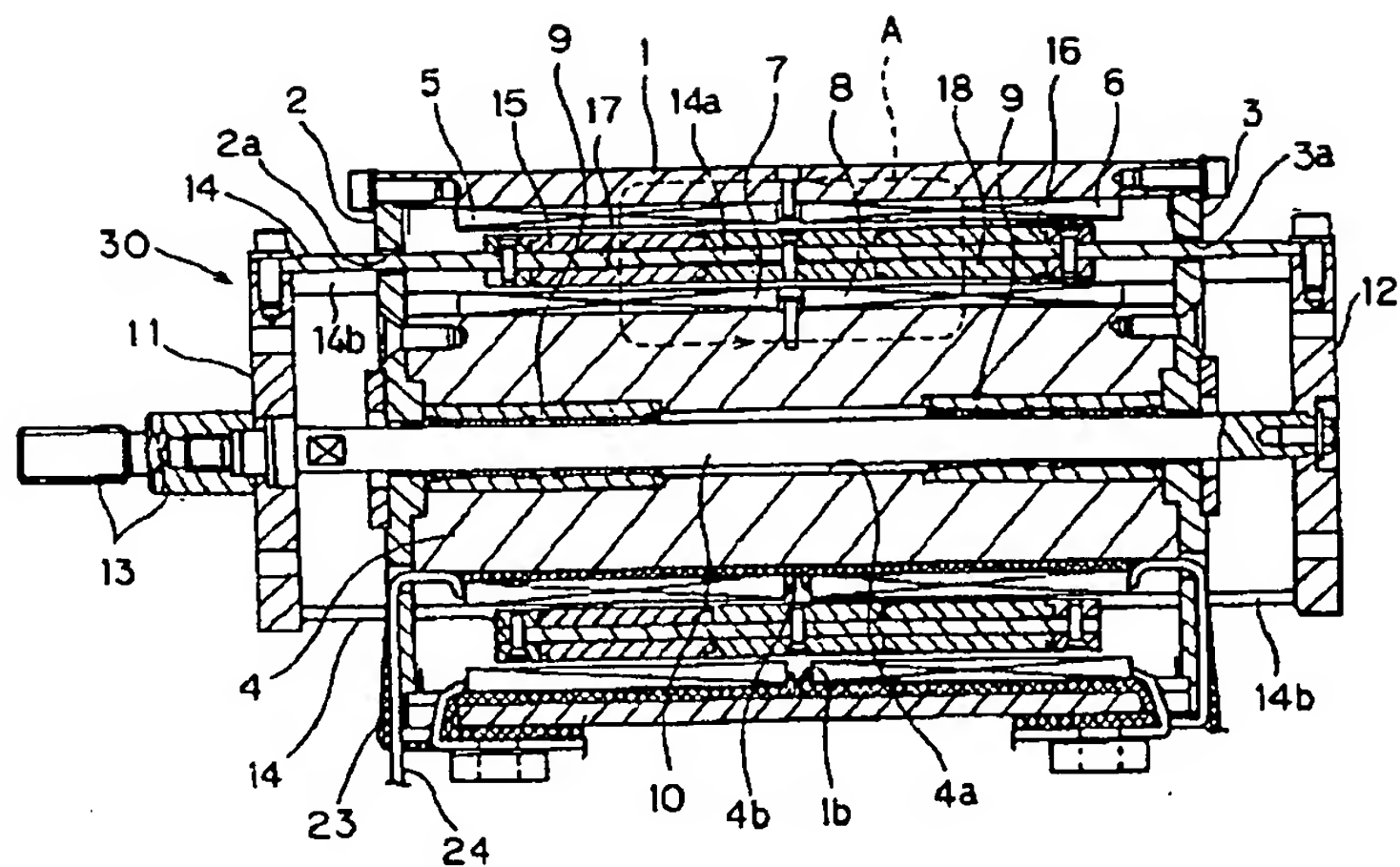
23, 24 リード線

26 ポテンシオメータ

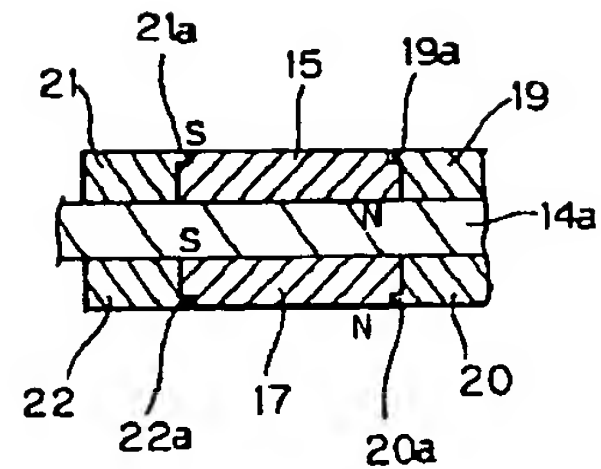
50 28 回転防止ピン



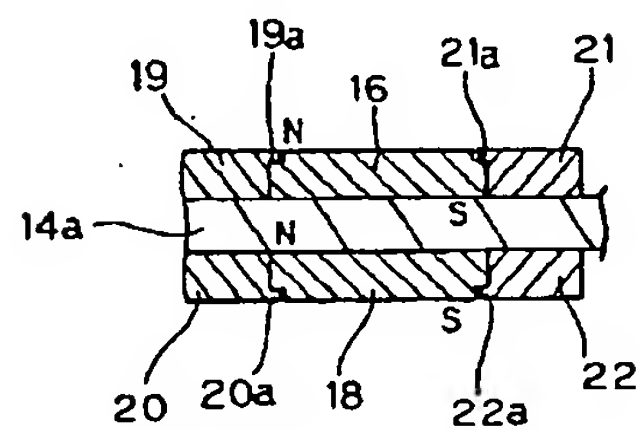
【図1】



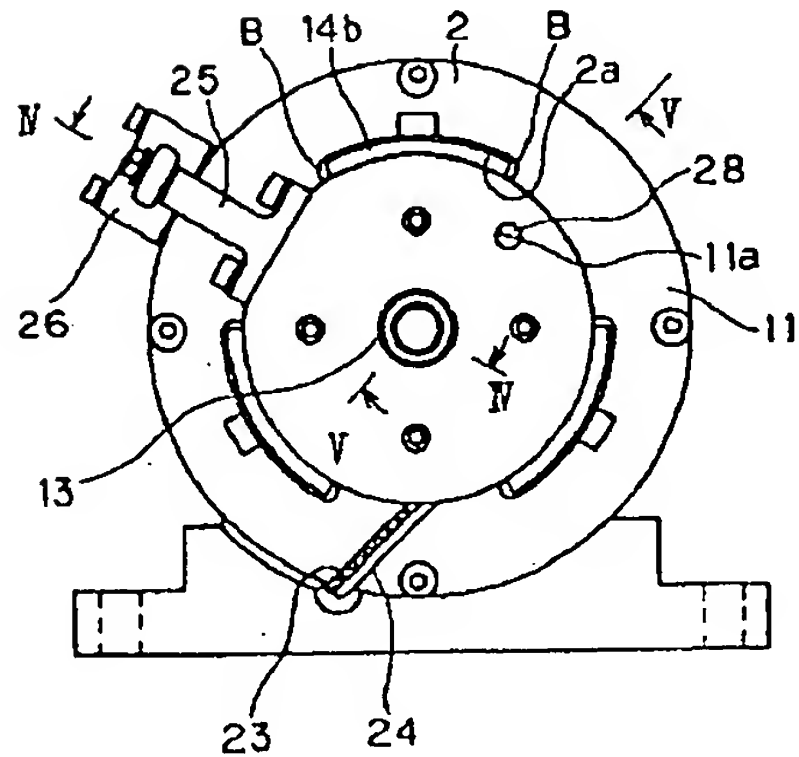
【図8】



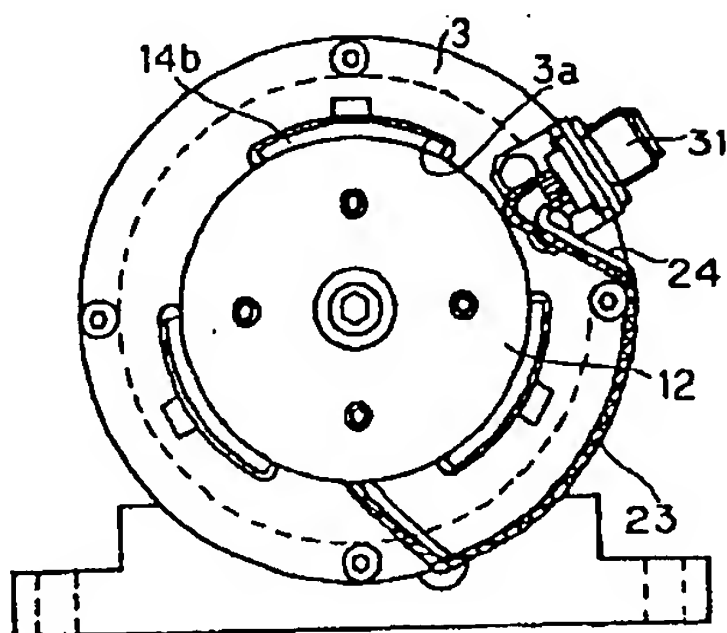
【図9】



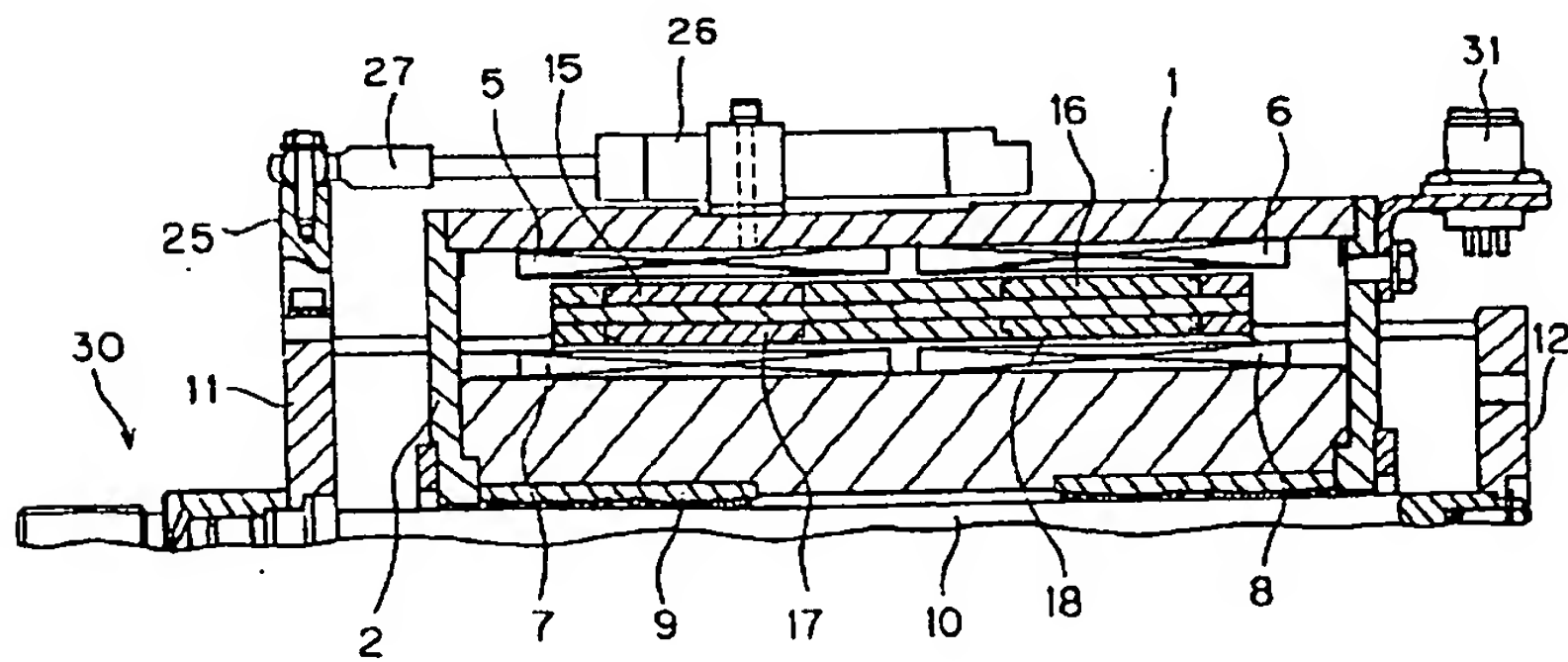
【図2】



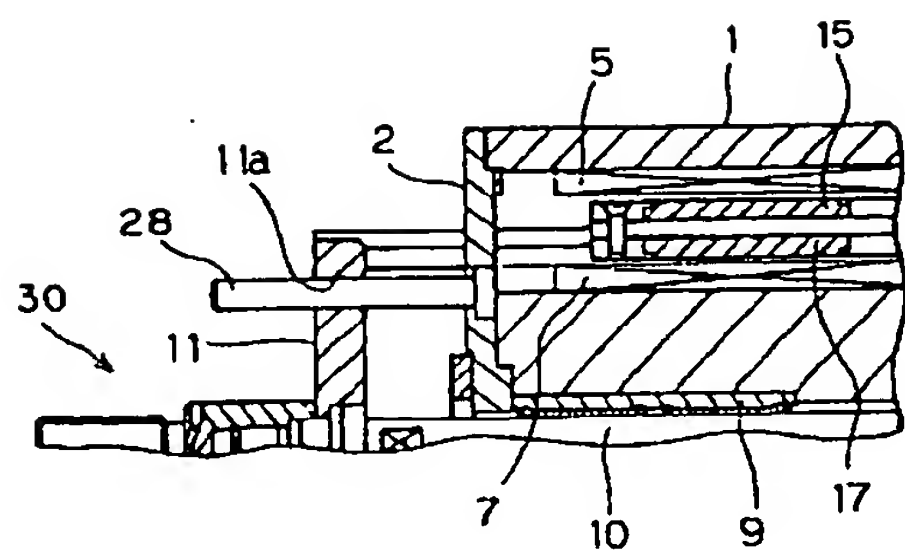
【図3】



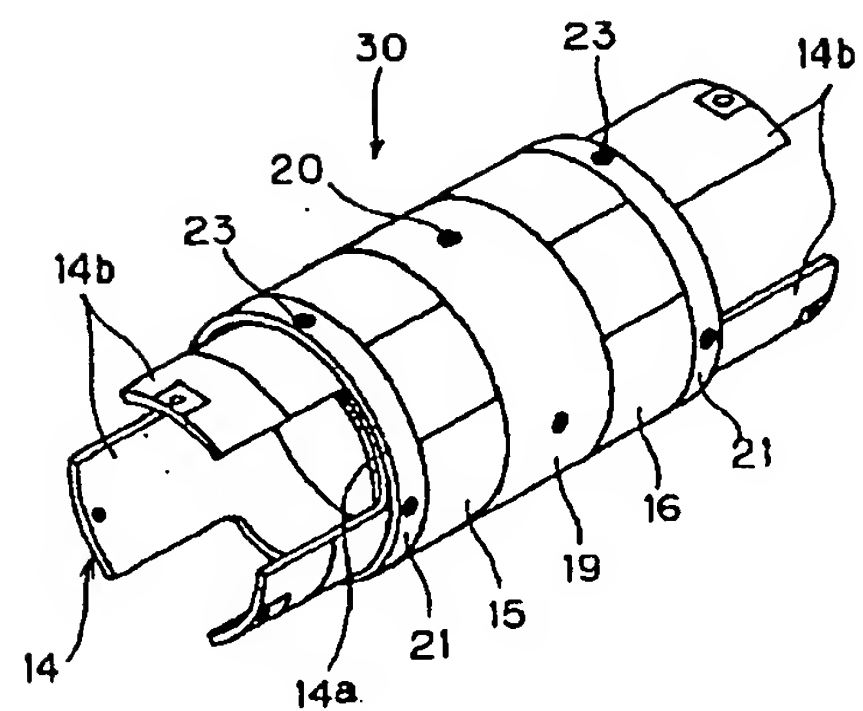
【図4】



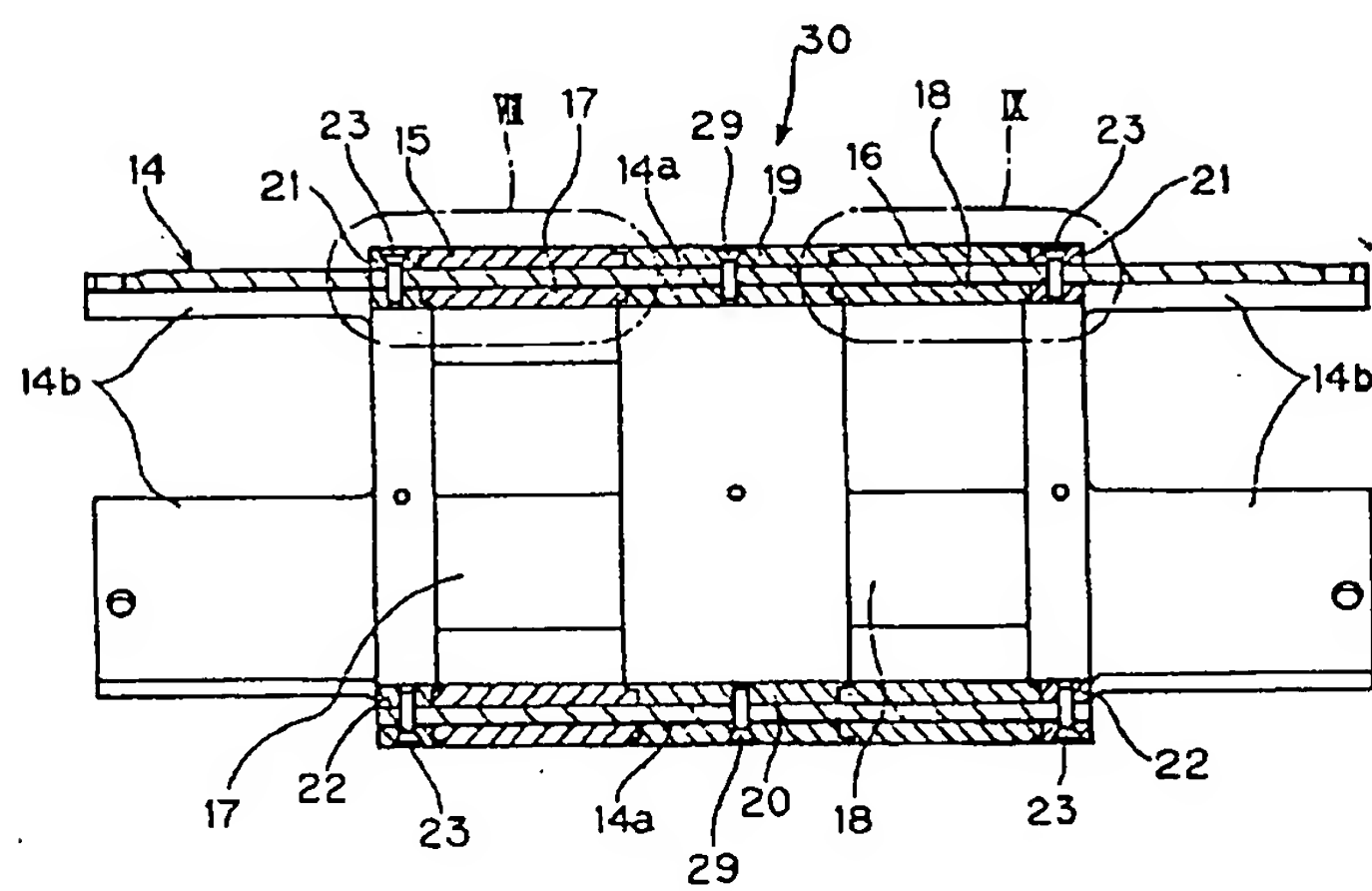
【図5】



【図6】



【図7】



【図10】

